

УДК 669.3:539.25:6

**Д. Н. Абдуллина^{*}, Т. Р. Суаридзе, Ю. В. Хлебникова, Л. Ю. Егорова,
Д. П. Родионов**

Институт физики металлов им. М. Н. Михеева УрО РАН, г. Екатеринбург

Teona_S@imp.uran.ru

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АНТИКОРРОЗИОННЫХ СВОЙСТВ ТЕКСТУРОВАННЫХ ЛЕНТ-ПОДЛОЖЕК ИЗ СПЛАВОВ Cu–Ni–Me И Ni–Me

В работе проведена оценка стойкости к окислению текстурованных лент-подложек из сплавов Ni–Me и Cu–Ni–Me. Анализ антикоррозионных свойств выполнен с использованием метода термогравиметрии. Исследована структура поверхности тонких лент. Установлены преимущественные места зарождения очагов коррозии на поверхности лент-подложек.

Ключевые слова: кубическая текстура, тонкие ленты, медные сплавы, окисление, сплавы на основе никеля, структура поверхности

**D. N. Abdullina, T. R. Suaridze, Yu. V. Khlebnikova, L. Yu. Egorova,
D. P. Rodionov**

COMPARATIVE ANALYSIS OF ANTICORROSIVE PROPERTIES OF TEXTURED TAPE SUBSTRATES MADE OF Cu–Ni–Me AND Ni–Me ALLOYS

In the present work, the oxidation stability of textured tape substrates made of Ni–Me and Cu–Ni–Me alloys was evaluated. The analysis of anticorrosive properties was performed using the thermogravimetry method. Structural studies of thin tapes were carried out. The primary places of origin of corrosion centers on the surface of the tape substrates are established.

Key words: cubic texture, thin tapes, copper alloys, oxidation, nickel-based alloys, structure of surface.

В настоящее время во всем мире активно ведется разработка высокотемпературных сверхпроводящих материалов второго поколения (ВСТП 2-го поколения или 2G HTSC), которые представляют собой наноструктурированные оксидные покрытия на металлических

лентах. При создании перспективных металлических лент-подложек для 2G HTSC обосновано обращение не только к широко применяемым, в том числе и в промышленном производстве, никелевым сплавам, но и к медным сплавам, поскольку в них также возможно формирование совершенной кубической текстуры. Помимо текстурного совершенства и высоких механических характеристик необходимо, чтобы ленты-положки, лежащие в основе ВСТП 2-го поколения, обладали достаточной стойкостью к окислению при температурах нанесения функциональных слоев, как правило, они составляют 600–700 °C [1].

Для исследования был выбран ряд текстурованных лент-подложек из сплавов Cu–Ni–Me и Ni–Me. В числе сплавов на медной основе были использованы: Cu–30 % Ni–1,5 % Fe, Cu–30 % Ni–0,7 % Cr, Cu–30 % Ni–0,6 % V, Cu–40 % Ni–1,4 % Fe, Cu–40 % Ni–1,2 % Cr, Cu–40 % Ni–1,1 % V. В числе никелевых сплавов — Ni–4,7 % Mo и Ni–4,8 % W (наиболее используемый в настоящее время в производстве ВТСП кабелей 2-го поколения). Максимальная степень текстурного совершенства для перечисленных сплавов Cu–Ni–Me и Ni–Me была достигнута в результате текстурообразующего отжига в интервале температур 1000–1050 °C в течение 1 ч. Доля кубических зерен на поверхности лент составляла не менее 95 % [2–4]. Охлаждение образцов происходило вне печного пространства.

Электронно-микроскопическое исследование структуры сплавов Ni–Me и Cu–Ni–Me до проведения окисления показало, что во всех исследованных сплавах формировался однородный ГЦК-твердый раствор. В результате анализа электронно-дифракционных картин не было обнаружено наличия каких-либо частиц в текстурованных лентах-подложках. После проведения окисления было установлено, что процесс коррозии в сплавах Cu–Ni–Me и Ni–Me шел неоднородно. В тройных сплавах на медно-никелевой основе окисление происходило более интенсивно в отдельно взятых областях с повышенным содержанием легирующего элемента (Fe, Cr или V). В бинарных сплавах на основе никеля (Ni–4,7 % Mo и Ni–4,8 % W) окисление тонких лент происходило преимущественно на границах зерен.

Термогравиметрические испытания по оценке стойкости к окислению текстурованных лент проводились при нагреве до 700 °C со скоростью 40 град/мин в потоке воздуха. При 700 °C была произведена изотермическая выдержка продолжительностью 250 мин. В резуль-

тате испытаний было установлено, что сплавы Cu–Ni–Me обладают гораздо меньшей стойкостью к окислению по сравнению со сплавами Ni–Me. Однако отметим, что тройные сплавы на медно-никелевой основе имеют преимущество перед сплавами на основе никеля в более низкой стоимости материалов, а также в связи с их немагнитными характеристиками при рабочей температуре ВТСП. Наибольшую стойкость к окислению среди исследованных сплавов Cu–Ni–Me демонстрирует сплав Cu–40 %Ni–1,2 %Cr. Наименьшие антиокислительные свойства были зарегистрированы у сплава Cu–30 %Ni–0,6 %V.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ
в рамках научного проекта № 18-33-00309 мол_а.*

Литература

1. Гоял А. Токонесущие ленты второго поколения на основе высокотемпературных сверхпроводников. М. : ЛКИ, 2009. 432 с.
2. Создание лент-подложек с острой кубической текстурой из тройных сплавов Cu–40 %Ni–Me (Me = Fe, Cr, V) для высокотемпературных сверхпроводников второго поколения / Ю. В. Хлебникова [и др.] // ФММ. 2016. Т. 117, № 11. С. 1171–1180.
3. Совершенная кубическая текстура, структура и механические свойства лент-подложек из немагнитных сплавов на основе меди / Ю. В. Хлебникова [и др.] // ЖТФ. 2015. Т. 85, Вып. 3. С. 73–83.
4. Оценка антикоррозионных свойств текстурированных лент-подложек из никелевых сплавов, легированных тугоплавкими элементами / Д. П. Родионов [и др.] // Материаловедение. 2013. №. 4. С. 25–30.